

ARQUITECTURAS TELEMÁTICAS

Soluciones a la colección de ejercicios

Lluís Casals

Enrica Zola

ÍNDICE

1	Introducción	5
1.1	Nota muy importante.....	5
2	Propagación de tramas.....	7
2.1	Soluciones	8
3	Redes de área local (LAN)	11
3.1	Soluciones	11
4	Interconexión de redes locales.....	13
4.1	Soluciones	14
5	Spanning Tree Protocol.....	17
5.1	Soluciones	18
6	Virtual Local Area Network.....	21
6.1	Soluciones	21
7	Mecanismos de acceso múltiple.....	23
7.1	Soluciones	23

1 INTRODUCCIÓN

Este documento ofrece los resultados finales de muchos ejercicios que aparecen en la colección de ejercicios de la asignatura de Arquitecturas Telemáticas impartida en el curso 2B de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad Telemática, de la EPSC.

Las secciones de la colección de ejercicios se corresponden, a grandes rasgos, con los temas tratados a lo largo del curso. En general, la secuencia de las secciones es la misma en que se tratan los temas durante el curso, aunque no siempre coincidan. Además, el orden de los ejercicios dentro de cada sección está pensado, en general, para que el nivel de dificultad vaya creciendo a medida que el estudiante hace más ejercicios.

En muchos casos, el texto del ejercicio está precedido por una frase que resume el/los concepto/os que se espera que el estudiante adquiriera a través del desarrollo del mismo.

Es importante remarcar a los usuarios de estas soluciones que en ningún momento se ha pensado que este documento substituyera las clases de aplicaciones: más bien, puede servir de soporte para comprobar el resultado final de los ejercicios que el alumno resuelva por su cuenta. La mayoría de los ejercicios requieren un razonamiento y una explicación que no se han incluido en este documento: se invita a los alumnos a resolver con todo el detalle necesario y el razonamiento conveniente los ejercicios, ya que sería inútil resolverlos sin entender el desarrollo de los mismos.

1.1 Nota muy importante

Aquí tenéis algunos resultados: la mayoría de los puntos necesitan comentarios, así que ¡esto no pretende ser la solución completa de los ejercicios!

2 PROPAGACIÓN DE TRAMAS

Este capítulo recoge varios ejercicios sobre la propagación de las tramas de datos en un medio compartido. El objetivo de estos ejercicios es familiarizarse con el concepto de colisión entre señales, evento que muchas veces se interpreta inadecuadamente como “choque entre tramas con consecuente pérdidas de los datos que llegan corruptos”.

Una colisión entre dos (o más) señales se define como la superposición de las mismas en un punto del canal durante un determinado intervalo de tiempo. Un receptor que reciba dos señales superpuestas y que no las pueda separar no podrá interpretar correctamente los datos que estas señales llevan consigo y, por lo tanto, deberá descartarlas; pero, un receptor que se encuentre en otro punto de la red y que reciba las mismas señales pero en instantes de tiempos distintos (es decir, este receptor no recibe las dos señales superpuestas) podrá interpretar correctamente los datos (los mismos que otra estación tuvo que descartar). En definitiva: las colisiones ¡NO se propagan! Para convencerse de eso, basta pensar en las señales de radio que van interfiriéndose en el aire.

La sección 1 propone unos ejercicios sencillos sobre este tema: no es necesario haber estudiado los protocolos de acceso al medio para resolverlos.

La sección 2 propone una colección de ejercicios sobre la propagación de las tramas en los medios según diversos protocolos de acceso a los mismos.

A menos que se indique lo contrario, consideraremos que los instantes de tiempo en los que hay algún evento (por ejemplo, la llegada de una trama, la transmisión de una trama, una colisión, etc.) son los mismos a nivel MAC y físico. Sólo en los ejercicios en los que se proporcionan valores de retardo adicionales, habrá que considerarlos. Además, en los ejercicios no tendremos en cuenta la presencia de relojes más o menos precisos en los receptores de los dispositivos, por lo tanto, a nivel físico, consideramos que en cuanto llega una señal el receptor la puede detectar. Esto nos permite simplificar los cálculos: pero no hay que olvidarse que ¡estamos simplificando el proceso real!

2.1 Soluciones

Sección	Ejercicio	Apartado	Resultado
2.1	1	1	Sí; en el rombo; ...
		2	Sí; ...
		3	Depende de dónde esté colocada C: si está entre 0 y 200 metros de A o de B, recibirá bien, sino no recibirá bien.
2.1	2	1	A y C reciben la señal de B, pero C no recibe bien porque hay colisión.
		2	No porque colisiona con la trama de B.
2.1	3		25 bits
2.1	4		$T_{TX} > 2t_{prop}$
2.1	5		500 bits
2.1	6		2,5 μ s
2.2	1	1	250 bytes
		2	Trama de 1500 bytes \rightarrow 130 μ s Trama de 50 bytes \rightarrow ...
2.2	2	1	Estación A: $\tau/5$ Estación B: $\tau/5$ Estación C: 0 Estación D: $8\tau/5$
		2	Sí, porque ...
		3	B puede transmitir en 3τ
2.2	3	1	No
		2	Sí
		3	$2\tau/3$
		4	Estación A: $\tau/2$ Estación D: $7\tau/6$
		5	$11\tau/3$
2.2	4	1	40,96 km
		2	A y B: no; C: sí
2.2	5		10,22 km
2.2	6	1	Sí
		2	Sí
2.2	8	1	Empieza en 17,14 μ s y acaba en 27,32 μ s
		2	28,02 μ s; no
		3	En el instante 16 μ s \rightarrow canal libre; durante la espera del DIFS \rightarrow canal ocupado
2.2	9	2	Estación B: $5\tau/6$; estación D: $\tau/6$

		3	Estación A: a partir de $4\tau/3$ y durante $\tau/3$ Estación C: a partir de $2\tau/3$ y durante $\tau/2$
		4	$16\tau/3$
2.2	10	1	A la primera
		2	$5,175 \mu s$
		3	$5,321 \mu s$
		5	$40,503 \mu s$
2.2	11	1	$5,685 \mu s$
		2	$4,71 \mu s$
		3	$6,71 \mu s$
		4	$31,477 \mu s$
		5	$31,098 \mu s$
		6	$45,025 \mu s$
		7	$86,607 \mu s$
2.2	12	1	Toda la trama
		2	$L_A=\tau/2$; $L_B=\tau/6=L_C$; $L_E=\tau/3$
		3	No
		4	Estación A: $6,167 \tau$. Estación B: $5,667 \tau$. Estación C: $5,5 \tau$. Estación E: $5,83 \tau$.

3 REDES DE ÁREA LOCAL (LAN)

3.1 Soluciones

Sección	Ejercicio	Apartado	Resultado
3.1.1	1		@...; LLC SNAP; 22 bytes de padding; ...
	2		@...; 802.3+LLC802.2; 8 bytes de padding; ...
	3		@...; Ethernet v2 con paquete de datos de ARP; 18 bytes de padding; ...
	4		@...; Ethernet v2 con paquete de datos IP; ...
	5		@...; Ethernet v2 con paquete de datos IP; ...
	6		@...; Ethernet v2 con paquete de datos de ARP; 18 bytes de padding; ...
	7		@...; Ethernet v2 con paquete de datos IP; ...
	8		@...; 802.3+LLC802.2 que encapsula datos NetWare IPx; ...
3.2	1		10 Mbps; trama mínima → eficiencia: 71,875%, throughput: 54,76%; trama máxima → eficiencia: 98,81%, throughput: 97,53%
3.2	2	1,2	LMax: 97,53%; Lmin: 54,76%
		3	a) LMax: 97,53%; Lmin: 8,65% b) LMax: 97,53%; Lmin: 2 tramas mínimas 14,93% c) LLC-PDU de 9000 bytes: 99,5%
3.2	3	1	Tramas Ethernet 802.3 que encapsulan una LLC 802.2.
		3	93,13% y 92,58%
		4	96,62% y 99,42%
3.2	4	1	93,276%
		2	93,5%
		3	98,45%
3.2	5	2	61,2% y 58,16%
		3	76,92% y 95%
3.2	6	1	MA_UNITDATA.indication; ...
		2	No hay garantías sobre Ethernet...
		3	93,88%

4 INTERCONEXIÓN DE REDES LOCALES

En esta sección se presentan ejercicios que ayudarán al estudiante a familiarizarse con los diferentes dispositivos de interconexión y le permitirán predecir los efectos de utilizar uno u otro dispositivo para interconectar diferentes tramos de redes.

El uso de dispositivos de interconexión puede afectar sobre el retardo de propagación: los primeros ejercicios del apartado 4.1 acompañan al estudiante en el descubrimiento de las consecuencias de utilizar diferentes tipos de dispositivos. A partir del ejercicio 5 es necesario haber entendido el mecanismo de aprendizaje de un puente transparente para poder resolver los problemas siguientes de este apartado: para ello, se aconseja primero resolver los ejercicios del apartado 4.2.

Finalmente, el ejercicio del apartado 4.3 es un ejemplo de ejercicio final para comprobar la capacidad del estudiante de relacionar diferentes temas tratados a lo largo del curso.

En general, si no están indicados otros valores, se usarán los siguientes valores para los retardos.

- Retardo de propagación (genérico): $\frac{2}{3}c = 2 * 10^8$ m/s
- Retardo de propagación en UTP: 0,556 μ s/100m
- Retardo de propagación en fibra óptica: 0,5 μ s/100m
- Retardo repetidor/hub Ethernet: 2 μ s
- Retardo conmutador/puente Ethernet: depende del mecanismo de reenvío que aplica
- Retardo NIC Ethernet: 1 μ s
- Retardo NIC Ethernet del dispositivo de interconexión: 0,5 μ s

4.1 Soluciones

Sección	Ejercicio	Apartado	Resultado
4.1	1		Todas las topologías propuestas son implementables, hay que probarlo con la configuración máxima (regla 5-4-3-2-1)
4.1	2	1	A todas las estaciones conectadas al mismo DC de la estación transmisora.
		2	Una por cada DC.
		3	Sí; sí; ...
		4	Sí; sí; ...
		5	No; ...
4.1	3	1	7 DC
		2	11,056 μ s
		3	32,4012 μ s (con SWITCH en cut through)
4.1	4	1	14,112 μ s
		2	5 DC
		3	24,1452 μ s (con SWITCH en cut through)
		4	Store and forward; ...
4.1	5	1	165 bits; ...
		2	Empiezan a recibir en el instante: E: 4,75 μ s F: 4,5 μ s G: 8 μ s El puente (#2): 4,25 μ s A y C: 807,75 μ s B: 808 μ s
		3	...; no hay colisión; ...
		4	A y C: 1,621 ms B: 1,62125 ms
		5	Control de error; aprendizaje @MACorigen; reenvió según la SAT
4.1	6	1	9 DC
		2	...; el PUENTE 2 reenvía por todos sus puertos; el SW1 filtra; ...
		3	128,9232 μ s
4.1	7	1	55,9228 μ s

		2	50 μ s; 170,1568 μ s
4.1	8	1	12 dc
		2	1,245 ms
4.1	11	1	8 DC
		2	72,312 μ s
4.2	3	1	6,112 μ s. No recibe la trama correctamente.
		2	El SW está recibiendo sobre los dos puertos...pero no hay colisión.
4.2	4	1	56,034 μ s.
		2	112,012 μ s; no hay colisión.
4.2	5	1	16 dominios de colisión
4.3	1	3	A→SW: trama mínima Gigabit Ethernet!!
		4	96,96%
		5	65,304 μ s

5 SPANNING TREE PROTOCOL

En este capítulo se utilizará la siguiente terminología:

- El ID (identificador) del puente o switch aparece en el interior del cuadro que lo representa. Este identificador, a menos que no se diga lo contrario, consta de una/s letra/s (por ejemplo, P, B, BRIDGE, SW, etc.) que indica el tipo de dispositivo y de un identificador numérico que sirve como “BRIDGE_ID” para el STP.
- En la mayoría de las redes aquí presentadas, los dominios de colisión se representan con un único segmento que tiene un identificador (por ejemplo, S1) y un coste asociado (por ejemplo C=1). Este coste también se referencia en el texto como “salto” entre dos dispositivos que implementan el STP.
- RPC = Root Path Cost; es el coste que un puente tiene asociado para llegar al puente raíz a través del puerto de raíz.
- DPC = Designated Path Cost; es el coste que un puente ofrece hacia los puentes de nivel inferior (en la jerarquía del STP) para llegar al puente raíz a través de él (que será el puente designado sobre el segmento).
- El formato de las BPDU de configuración se trata en clase de teoría. Para los siguientes ejercicios los campos que nos interesa evidenciar serán siempre los siguientes:
 - ID raíz,
 - RPC,
 - ID puente que transmite,
 - ID puerto por el que se envía la BPDU,

que representaremos con una notación basada en separación por puntos:

ID_raíz.RPC.ID_puente-que-transmite.ID_puerto_por_el_que_se_envía_la_BPDU

- Los otros tipos de BPDU se tratan en clase de teoría y aquí se representan indicando solo el nombre (por ejemplo, BPDU de notificación de cambio de topología) y, puntualmente los campos de interés para el ejercicio (por ejemplo, los flags TC y TCA).

Esta sección se compone de tres apartados: en el primero se proponen unos ejercicios sencillos para que el estudiante se familiarice con el algoritmo y tome rapidez a la hora de calcular la topología de árbol de cualquier red (sencilla o compleja que sea). Además, algunos ejercicios de este apartado ayudan al estudiante a entender cómo un puente, o cualquier dispositivo que implemente el STP, interpreta las BPDUs que le llegan para calcular el algoritmo.

El apartado dos de esta sección está dedicado al proceso de cambio de topología: se pretende que el alumno intuya la necesidad de difundir en toda la red la información de cambio y de tomar ciertas medidas frente a este cambio (por ejemplo, la rápida actualización de las tablas SAT de los puentes implicados). Con estos ejercicios se quiere además evidenciar que el algoritmo induce a la creación de diferentes tipos de Bridge-PDUs, tal y como se ha comentado antes.

En el apartado 3 se reúnen unos ejercicios que relacionan la topología de árbol impuesta por el STP con el recorrido que las tramas siguen para alcanzar sus destinos: esto, relacionado con la forma en la que los puentes transparentes aprenden sus tablas SAT, ayudará al estudiante a relacionar estos temas que, a primera vista, pueden parecer no relacionados.

5.1 Soluciones

Sección	Ejercicio	Apartado	Resultado
5.1	1	2	10
		3	8
		5	#1 del Root
5.1	2	1	B0 #2 B1, #2 B2, #1 B3, #2 B4 S1: #1 B1 porqué B1<B2, S2, S3, S4: puertos de B0 porqué tienen la menor RPC, S5: #3 B3
5.1	3	1	B0 #2 B1, #2 B2, #1 B3, #1 B4 S1: #1 B2, S2, S3, S4: puertos de B0 porqué tienen la menor RPC, S5: #3 B3
5.1	4	1	Ninguno
		2	1.0.1.nº del puerto por el que envía
		3	Ninguno; todos
5.1	5	1	Puerto 5
		2	Puente ID 28
		3	De 1 a 4, 6, 7.
		4	Sí, el puerto 8.
5.1	6	2	Puerto 1
		3	ID 12
		4	Puente A: todos los puertos son designados Puente B: #1 es de raíz; #2 y 3 designados
5.1	7		#4 de raíz; #1, 2, 5 designados; #3 bloqueado
5.1	9		Puente raíz: ID=6. Puerto raíz del puente 14: #4 con RPC=3. #1 y #2 son puertos designados; #3 y #5 se ponen en bloqueo.
5.2	1	1	B5
		2	#2 B1; #2 B2; #1 B3; #2 B4.
		3	3#1 B2; #2 B3; #1, 2, 3 B%
		5	B3 sobre el #3 y B1 sobre el #1
		6	B1 sobre el #2

5.2	2	1	#2 B2; #4 B3; #1 B4; #1 B5; #1 B6; #2 B7; #2 B8 #1 y 2 B1; #2 B4; #3 B2; #2 B3; #2 B5; #2 B6; #1 B8
		3	B8
		4	B7
5.2	3	1	Puente raíz → ID 10: todos sus puertos son designados. ID 20: #1 de raíz; los demás son designados ID 30: #1 de raíz; #2 bloqueado ID 40: #3 de raíz; los demás son designados ID 50: #1 de raíz; #2, 3, 4, 5 designados; #6 bloqueado ID 60: #2 de raíz; los demás son designados
		2	Por el #1 envía 10.1.60.1; por el #2 recibe 10.0.10.2; por el #6 envía 10.1.60.6
		3	El puente con ID 30 se da cuenta del fallo sobre #1; envía por su nuevo puerto raíz (#2) la BPDU de notificación de cambio de topología; ...
5.3	1	1	Bridge2 → puente raíz, RPC = 0; todos sus puertos son designados. Bridge 3: RPC = 1, #1 de raíz (recibe B2.0.B2.#1), #2 designado (envía B2.1.B3.#2). Bridge 4: RPC = 2, #2 de raíz (recibe B2.1.B3.#2), #3 designado (envía B2.2.B4.#3). Bridge 1: RPC = 1, #3 de raíz (recibe B2.0.B2.#1), #1 designado (envía B2.1.B1.#1).
		2	B1 - #1: R, S, T; #2: bloqueado (no aprende @); #3: A-Q B2 - #1: D-F, I-T; #2: A-C; #3: G, H B3 - #1: A-H, R-T; #2: I-Q; #3: bloqueado (no aprende @) B4 - #1: bloqueado (no aprende @); #2: A-M, R-T; #3: N-Q
5.3	2	1	21 DC
		4	294,732 μs
5.3	3	1	SW 8 es el puente raíz. Todos sus puertos son designados. SW 10: RPC = 1 #1 de raíz, los demás puertos son designados. SW 13: RPC = 5 #1 de raíz, los demás puertos son designados menos el #2 que está bloqueado (el designado es #3 de SW 10). SW 14: RPC = 2 #1 de raíz, #5 está bloqueado, los demás son designados. P 9: RPC = 2 #1 de raíz, #2 está bloqueado.
5.3	4	1	Puente ID=3: puente raíz. Todos sus puertos son designados. SW7: RPC = 1 #3 de raíz; #1 bloqueado (#2 de la raíz es el designado); todos los demás son puertos designados. P8: RPC = 1 #2 de raíz; #3 bloqueado (#3 de la raíz es el designado); #1 es designado. P9: RPC = 1 #3 de raíz; los otros puertos están bloqueados.

6 VIRTUAL LOCAL AREA NETWORK

6.1 Soluciones

Sección	Ejercicio	Apartado	Resultado
6.1	1	1	De acceso. Por ningún enlace
		2	SW2 y SW3
6.2.2	1	1	Raíz SW1; puertos raíz: #2 SW4, #2 SW2, #2 SW3. Puertos bloqueados: #3 SW4, #1 SW3. Todos los demás puertos son designados.
		3	Estación A, SW1 sobre #1 y #3, y SW2 sobre #2: han de implementar etiquetado IEEE 802.1Q. SW1 sobre #2, SW2 (menos #2), SW3 y SW43 se pueden configurar por puertos.
		4	Enlaces troncales: SW2-SW1; SW1-SW4 Enlaces de acceso: SW1-SW3; y todos los enlaces entre una estación y el SW.
6.2.2	2	1	Raíz SW1; puertos raíz: #1 SW4, #2 SW2, #1 SW3. Puertos bloqueados: #2 SW4, #2 SW3. Todos los demás puertos son designados.
		3	Estación A, SW1 y SW2 sobre #2: han de implementar etiquetado IEEE 802.1Q. SW1 y SW2 sobre los demás puertos, SW3 y SW43 se pueden configurar por puertos.
		4	Enlaces troncales: SW2-SW1 Enlaces de acceso: SW1-SW4; SW1-SW3; y todos los enlaces entre una estación y el SW.
6.2.2	3	1	Solución A: SW 60 prioridad más alta; s4 y s2 coste 2, el resto coste 1. Solución B: SW 60 prioridad 1; SW 66, 42, 53 prioridad 2; los demás prioridad 3.
		2	SW 38 abre uno de los dos puertos bloqueados para que sea el nuevo puerto de raíz y envía por dicho puerto la BPDU de notificación de cambio de topología. El #1 será designado.
		3	Los switch que reciban la trama por un puerto designado o de raíz, la reenvían (después de procesarla) por los puertos configurados para la VLAN 2.
		4	$t = t_c + \text{NIC}(C) + \text{cable entre C y HUB1} + \text{retardo HUB1} + \text{cable entre HUB1 y A, NIC}(A) + t_{\text{trama}}$.

7 MECANISMOS DE ACCESO MÚLTIPLE

7.1 Soluciones

Sección	Ejercicio	Apartado	Resultado
7.1.1	1	1	Casos a y c: sistema inestable. Caso b: 4,67 ms
		2	69%
		3	6,67 ms
7.1.1	2	1	67,81%
		2	2441 PDU/segundo
		3	556,72 μ s
7.1.1	3	1	63 bytes
		2	38
		3	380,95 kbps
		4	1,369 ms
7.1.2	1	1	1 estación: 99,875% 20 estaciones: 99,934%
7.1.2	2	1	Tiempo de transmisión mucho mayor que el tiempo de propagación.
		2	40 ms
7.1.2	3	1	1237,5 bits
		2	500 bits \rightarrow 97,56%
7.1.2	4		
7.1.2	5		99,937%
7.1.2	6		125 PDU/s
7.1.2	8		
7.1.2	9	1	25 ms
		2	184 PDU/ms
7.2.1	1	1	239

		2	10
		3	Sistema inestable
7.2.1	2		PURO: inestable; RANURADO: estable
7.2.1	4		No se puede evaluar
7.2.1	5	1	1,8%
		2	$K=10 \rightarrow 1,522\%$
		3	54
7.2.1	7	1	15
		2	83,53%
		3	Sistema inestable
7.2.2	1	1	55
		2	45,35%
7.2.2	2	1	25 PDU/segundo
		2	4 PDU/segundo
7.2.2	3	1	71
		2	Todo el canal
		4	Mejora ...
7.2.2	4		
7.2.2	5	1	13,68%
		2	13,68%
		4	106,534 KBytes
7.2.2	6	1	1612 PDU/segundo
		2	Sistema inestable